



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0004187
(43) 공개일자 2008년01월09일

(51) Int. Cl.

H01L 21/3065 (2006.01) H01L 21/66 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0062890

(22) 출원일자 2006년07월05일

심사청구일자 2006년07월05일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

김병환

서울 노원구 하계1동 251 하계1차 청구아파트
106-403

원태영

서울 강남구 대치1동 506 (26/5) 선경아파트
7-504

(74) 대리인

박윤호

전체 청구항 수 : 총 6 항

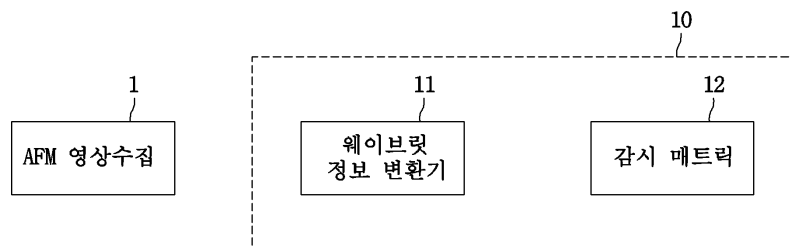
(54) 박막표면 특성패턴의 웨이브릿 변환을 이용한 플라즈마공정감시방법

(57) 요약

본 발명은 원자힘 마이크로스코피(AFM)와 이산치 웨이브릿(DWT)을 이용한 플라즈마공정 감시방법에 관한 것이다.

이를 위한 본 발명은, AFM 영상 수집과, 수집된 영상을 분석하기 위한 AFM 영상의 웨이브릿 변환기와 플라즈마 감시를 위한 감시 매트릭으로 구성되어; 상기 AFM을 이용하여 표면거칠기 영상을 수집하고, 스캐닝한 영상에서 회색코드가 비트맵으로 변화하고 이후 DC 성분을 제거하며, 앞 과정을 거친 영상에 이산치 웨이브릿 변환을 적용한 후 얻어지는 근사치부분에 히스토그램을 적용하여 표면거칠기 윤곽선을 추출하고, 추출된 표면거칠기 윤곽선에 웨이브릿 변환을 다시 적용하여 미세부분에 대한 데이터를 확보하고 이를 플라즈마 감시를 위한 단서로 이용하며, 각 미세성분에 대한 정량적인 데이터를 구성하는 수치에 대한 패턴을 구성하고 이를 플라즈마 감시에 이용한 것을 포함한 것을 그 특징으로 한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

AFM 영상 수집과, 수집된 영상을 분석하기 위한 AFM 영상의 웨이브릿 변환기와 플라즈마 감시를 위한 감시 메트릭로 구성되어;

상기 AFM을 이용하여 표면거칠기 영상을 수집하고, 스캐닝한 영상에서 회색코드가 비트맵으로 변화하고 이후 DC 성분을 제거하며, 앞 과정을 거친 영상에 이산치 웨이브릿 변환을 적용한 후 얻어지는 근사치부분에 히스토그램을 적용하여 표면거칠기 윤곽선을 추출하고, 추출된 표면거칠기 윤곽선에 웨이브릿 변환을 다시 적용하여 미세 부분에 대한 데이터를 확보하고 이를 플라즈마 감시를 위한 단서로 이용하며, 각 미세성분에 대한 정량적인 데이터를 구성하는 수치에 대한 패턴을 구성하고 이를 플라즈마 감시에 이용한 것을 포함한 것을 특징으로 하는 박막표면 특성패턴의 웨이브릿 변환을 이용한 플라즈마공정 감시방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 플라즈마 상태를 표면거칠기의 수평, 수직 그리고 대각화 성분변화의 양으로 보다 미세하게 분석한 것을 특징으로 하는 박막표면 특성패턴의 웨이브릿 변환을 이용한 플라즈마공정 감시방법.

청구항 3

AFM 영상 수집과, 수집된 영상을 분석하기 위한 AFM 영상의 웨이브릿 변환기와 플라즈마 감시를 위한 감시 메트릭로 구성되어;

플라즈마 공정을 수행한 후 반도체 웨이퍼 상의 박막표면 상태에 대한 영상을 AFM을 이용하여 수집하고, 수집된 AFM 영상을 분석하기 위해 이산치 웨이브릿 변환을 적용하며;

확보된 데이터를 플라즈마 감시를 위한 단서로 이용하며, 이로써 플라즈마 상태를 표면거칠기의 수평, 수직, 그리고 대각화 성분 변화의 양으로 보다 미세하게 분석함으로, 각 미세성분에 대한 정량적인 데이터를 구성하는 수치패턴의 특징인자를 추출하기 위한 메트릭을 계산하고;

메트릭을 적용하여 계산된 특징인자는 기준 특징 인자의 값과 비교하고 이에 기초하여 플라즈마 상태를 평가하며;

각 미세 성분에 대해 확보된 영상정보의 여러 메트릭에 대한 특징인자 값을 계산하고 이에 기초하여 기준 특징인자 값을 설정하고, 계산된 특징인자 값이 추정된 기준 특징인자 값과 비교하여 플라즈마 상태를 판단한 것을 특징으로 하는 박막표면 특성패턴의 웨이브릿 변환을 이용한 플라즈마공정 감시방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 DWT가 AFM에 적용되는 과정은, AFM을 이용하여 수집된 표면거칠기 영상을 분석을 위해 스캐닝하고, 스캐닝한 영상에서 회색코드는 비트맵으로 변화하고 이후 DC성분은 제거하며;

상기 DC 성분이 제거된 영상에 DWT를 적용한 후 얻어지는 근사부분에 히스토그램을 적용하여 표면거칠기 윤곽선을 추출하고, 추출된 표면거칠기 윤곽선에 웨이브릿 변환을 다시 적용하여 미세 부분에 대한 데이터를 확보한 것을 특징으로 하는 박막표면 특성패턴의 웨이브릿 변환을 이용한 플라즈마공정 감시방법.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 계산된 특징인자 값과 기준 특징인자 값과의 차가 어느 임계점 이하이면 플라즈마 상태가 정상이라 판단하고 새로운 반도체 웨이퍼에 대한 공정을 수행하며;

만약 그 차가 임계점 이상이면 장비에 이상이 생긴 것으로 판단하고, 이 경우 장비를 일시 중단한 후 고장원인을 진단한 것을 특징으로 하는 박막표면 특성패턴의 웨이브릿 변환을 이용한 플라즈마공정 감시방법.

청구항 6

제 3항에 있어서,

상기 DWT가 AFM에 적용되어 플라즈마 감시가 이루어지는 과정을 CWT가 적용되어 이루어지는 것을 특징으로 하는 박막표면 특성패턴의 웨이브릿 변환을 이용한 플라즈마공정 감시방법

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <9> 본 발명은 원자힘 마이크로스코피(Atomic force microscopy: 이하 AFM이라 칭함)와 이산치 웨이브릿 변환(Discrete wavelet transformation: 이하 DWT라 칭함)을 이용하게 함으로 박막표면 특성패턴의 웨이브릿 변환을 이용한 플라즈마공정 감시방법에 관한 것이다.
- <10> 반도체 소자는 실리콘 등의 단결정을 성장시킨 기둥 모양의 봉을 얇게 잘라서 원판 모양으로 만든 웨이퍼로부터 만들어진다.
- <11> 실리콘 웨이퍼가 사진공정, 식각공정 및 박막 형성공정 등 일련의 단위 공정들을 순차적으로 거쳐서 제조되는 것이다.
- <12> 반도체장치의 제조과정에서 반도체소자의 수율 증가를 위해서는 설계 및 공정기술의 개발뿐만 아니라 오염입자들을 포함한 결함제어도 필수적이라 할 수 있다.
- <13> 이러한 결함제어는 웨이퍼 검사와 연관되어 구조 또는 성분 분석을 실시하는 것이 보편적이며, 이들의 성분 분석을 통하여 결함의 발생 단계 및 원인을 추정함으로써 결함감소를 위한 노력을 계속하고 있다.
- <14> 플라즈마는 반도체 메모리 소자를 제조하는데 있어 미세 박막의 증착과 식각 패턴닝에 핵심적으로 이용되고 있다.
- <15> 플라즈마 장비를 구성하고 있는 부품, 예컨대 매스플로우 컨트롤러(Mass Flow Controller), RF 소스(Radio Frequency Source) 또는 바이어스 파워(Bias Power) 등에 이상(Anomaly)이 생길 경우 플라즈마 상태가 변하게 되며, 이에 따라 증착 또는 식각 특성이 달라지게 된다.
- <16> 이 경우, 공정의 질(Quality)과 소자의 신뢰성이 저하되게 되며, 이를 방지하기 위해서는 플라즈마 상태를 엄격히 감시하는 기술이 요구된다.
- <17> 플라즈마 감시는 크게 두 방식으로 이루어질 수 있는 바, 첫 방식은 공정이 진행되는 중에 플라즈마 상태를 감시하기 위한 진단장비(예컨대, 옵티컬 에미션 스펙트로스코피(Optical Emission Spectroscopy), 임피던스 센서(Impedance Sensor))를 장착하는 것인데 이 경우 장비제조 단가가 상승한다는 단점이 있다.
- <18> 다른 하나는 박막 표면 특성을 이용해 플라즈마를 감시하는 기법이다. 플라즈마 공정후 박막의 표면 특성은 스캐닝 엘렉트론 마이크로스코프(Scanning Electron Microscope : SEM), 원자힘 마이크로스코피(AFM) 등을 이용해서 주로 측정하고 있다.
- <19> 상기 AFM은 박막 표면의 거칠기(Roughness)를 측정하는데 이용되고 있다. 그러나, 플라즈마 감시를 위해 AFM을 사용한 사례는 아직 국내외적으로 보고된 바가 없다.
- <20> 일반적으로 플라즈마 공정은 특정 처방(Recipe : 최적화된 공정변수들의 세트(set)에서 진행되며, 이에 따라 표면거칠기의 변화도 동일 처방(Recipe)을 이용할 경우 비슷할 것이다. 이는 소자제조업체에서 이용되는 장비의 플라즈마 균일도가 매우 높다는 사실도 이를 뒷받침하고 있다.
- <21> 다시 말하면, 플라즈마 이상이 생길 경우 그 조짐은 표면거칠기의 상태 분석을 통해 확인할 수 있다는 점이며, 이 점이 본 발명을 구성하는 핵심사항 중의 하나이다. 다른 핵심사항은 AFM 영상정보를 분석에 용이하게 정량적으로 표현하는 기술인 것이다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<22> 이에 본 발명은 상기와 같은 사정을 감안하여 발명한 것으로, 이산치 웨이브릿 변환을 이용하여 반도체 플라즈마 이상이 생길 경우에 그 조짐을 표면거칠기의 상태분석을 통해 확인하는 것을 플라즈마 감시를 위해 AFM에 적용하는 박막표면 특성패턴의 웨이브릿 변환을 이용한 플라즈마공정 감시방법을 제공하고자 함에 그 목적이 있다.

발명의 구성 및 작용

<23> 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은, AFM 영상 수집과, 수집된 영상을 분석하기 위한 AFM 영상의 웨이브릿 변환기와 플라즈마 감시를 위한 감시 메트릭으로 구성되며; 상기 AFM을 이용하여 표면거칠기 영상을 수집하고, 스캐닝한 영상에서 회색코드가 비트맵으로 변화하고 이후 DC 성분을 제거하며, 앞 과정을 거친 영상에 이산치 웨이브릿 변환을 적용한 후 얻어지는 근사치부분에 히스토그램을 적용하여 표면거칠기 윤곽선을 추출하고, 추출된 표면거칠기 윤곽선에 웨이브릿 변환을 다시 적용하여 미세부분에 대한 데이터를 확보하고 이를 플라즈마 감시를 위한 단서로 이용하며, 각 미세성분에 대한 정량적인 데이터를 구성하는 수치에 대한 패턴을 구성하고 이를 플라즈마 감시에 이용한 것을 포함한 것을 그 특징으로 한다.

<24> 본 발명의 다른 구체적 수단은, AFM 영상 수집과, 수집된 영상을 분석하기 위한 AFM 영상의 웨이브릿 변환기와 플라즈마 감시를 위한 감시 메트릭으로 구성되며; 플라즈마 공정을 수행한 후 반도체 웨이퍼 상의 박막표면 상태에 대한 영상을 AFM을 이용하여 수집하고, 수집된 AFM 영상을 분석하기 위해 이산치 웨이브릿 변환을 적용하며; 확보된 데이터를 플라즈마 감시를 위한 단서로 이용하며, 이로써 플라즈마 상태를 표면거칠기의 수평, 수직, 그리고 대각화 성분 변화의 양으로 보다 미세하게 분석함으로, 각 미세성분에 대한 정량적인 데이터를 구성하는 수치패턴의 특징인자를 추출하기 위한 메트릭을 계산하고; 메트릭을 적용하여 계산된 특징인자는 기준 특징인자의 값과 비교하고, 이에 기초하여 플라즈마 상태를 평가하며; 각 미세 성분에 대해 확보된 영상정보의 여러 메트릭에 대한 특징인자 값을 계산하고 이에 기초하여 기준 특징인자 값을 설정하고, 계산된 특징인자 값이 추정된 기준 특징인자 값과 비교하여 플라즈마 상태를 판단한 것을 특징으로 한다.

<25> 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 예시도면에 의거하여 상세히 설명한다.

<26> 도 1은 본 발명의 실시예에 관한 박막표면 특성패턴의 웨이브릿 변환을 이용한 플라즈마공정 감시방법을 설명하기 위한 개략도이다.

<27> 플라즈마 이상이 생길 경우 그 조짐은 표면거칠기의 상태 분석을 통해 확인할 수 있다는 것과, AFM 영상정보를 분석에 용이하게 정량적으로 표현하는 기술을 위해, 본 발명에서는 이산치 웨이브릿 변환(DWT)을 이용하고 있다.

<28> 상기 이산치 웨이브릿 변환(DWT)은 노이즈(Noise) 감소와 특정 영상의 미세 분석에 많이 이용되고 있는 기법이지만, 플라즈마 감시를 위해 AFM에 적용된 사례는 본 발명에서 처음으로 채용되고 있다.

<29> 본 발명은 AFM 영상 수집(1)과, 수집된 영상을 분석하기 위한 컴퓨터 알고리즘(10)으로 구성된다. 컴퓨터 알고리즘(10)은 다시 AFM 영상의 웨이브릿 변환기(11)와 플라즈마 감시를 위한 감시 메트릭(12)으로 구성된다.

<30> 상기 플라즈마 감시에 이용되는 데이터에는 장비 부품에서 수집되는 센서 데이터, 공정 진행 중에 수집되는 인-슈트(In-Situ) 진단데이터, 그리고 공정 후에 박막 표면에서 수집되는 센서 데이터로 구분할 수 있다.

<31> 각 데이터에 따라 구현되는 감시기술이 다르며, 본 발명은 공정 후 수집되는 박막 표면정보에 기초한다는 점에서 다른 감시 기술과 구분된다.

<32> 도 2는 본 발명의 박막표면 특성패턴의 웨이브릿 변환을 이용한 플라즈마공정 감시방법을 상세히 도시해놓은 흐름도이고, 도 3은 본 발명의 박막표면 특성패턴의 웨이브릿 변환을 이용한 플라즈마공정 감시방법에서 이산치 웨이브릿 변환이 원자힘 마이크로스코피에 적용되는 과정도이다.

<33> 본 발명의 박막표면 특성패턴의 웨이브릿 변환을 이용한 플라즈마공정 감시방법은 상세한 설명을 도 2에 기술되어 있다.

<34> 도 2에 도시된 바와 같이, 플라즈마 공정을 수행(S201) 한 후 웨이퍼 상의 박막표면 상태에 대한 영상을 AFM을 이용하여 수집한다(S202). 수집된 AFM 영상을 분석하기 위해 이산치 웨이브릿 변환(Discrete wavelet transformation)을 적용한다(S203). 상기 AFM에 DWT가 적용되는 과정은 도 3에 나타나 있다.

- <35> 도 3 은 DWT가 AFM에 적용되는 과정로서, AFM을 이용하여 수집된 표면거칠기 영상(S202)을 분석하기 위해 스캐닝(Scanning) 한다 (S301). 스캐닝한 영상 (S301)에서 회색코드는 비트맵으로 변화하고 이후 DC성분은 제거한다.
- <36> DC 성분이 제거된 영상(S301) 에 DWT를 적용한 후 얻어지는 근사(Approximation)부분에 히스토그램(Histogram)을 적용하여 표면거칠기 윤곽선을 추출한다 (S302). 추출된 표면거칠기 윤곽선 (S302)에 웨이브릿 변환을 다시 적용하여 미세 부분 (수직, 수평, 그리고 대각화 성분)에 대한 데이터를 확보한다 (S303).
- <37> 확보된 데이터를 플라즈마 감시를 위한 단서로 이용하며, 이로써 플라즈마 상태를 표면거칠기의 수평, 수직, 그리고 대각화 성분 변화의 양으로 보다 미세하게 분석할 수 있게 된다.
- <38> 각 미세성분에 대한 정량적인 데이터를 구성하는 수치 (예컨대, "0", "255")패턴의 특징인자를 추출하기 위한 메트릭을 계산한다 (S204).
- <39> 여기서 특징인자 추출을 위한 메트릭은, 예컨대 "0"와"255"의 전체 수를 N이라 할 때, "0" 또는 "255"의 전체 수를 N으로 나누어 얻어지는 수치를 의미한다. 이외에 데이터를 구성하는 다양한 수치에 대한 다른 방식으로의 여러 특징인자를 구성할 수 있다.
- <40> 메트릭을 적용하여 계산된 특징인자 (S204)는 기준 (Reference) 특징 인자의 값과 비교하고, 이에 기초하여 플라즈마 상태를 평가한다 (S205).
- <41> 기준 특징인자 값에 대한 추정치를 계산하기 위해 플라즈마 상태를 정상으로 유지하고 다수의 웨이퍼 공정을 수행한 후 다수의 AFM 영상정보를 확보한다.
- <42> 각 AFM 영상정보에 DWT를 적용하여 미세성분(수평, 수직, 대각화 성분)에 대한 정보를 확보한다.
- <43> 각 미세 성분에 대해 확보된 영상정보의 여러 메트릭에 대한 특징인자 값을 계산하고 이에 기초하여 기준 특징인자 값을 설정한다.
- <44> 계산된 특징인자 값 (S204)이 추정된 기준 특징인자 값과 비교하여 플라즈마 상태를 판단한다 (S206).
- <45> 즉, 계산된 특징인자 값과 기준 특징인자 값과의 차가 어느 임계점 이하이면 플라즈마 상태가 정상이라 판단하고, 새로운 웨이퍼에 대한 공정을 수행한다.
- <46> 만약 그 차가 임계점 이상이면 장비에 이상이 생긴 것으로 판단하고, 이 경우 장비를 일시 중단한 후 고장원인을 진단한다 (S206).
- <47> 이상에서와 같이 본 발명은 AFM과 웨이브릿 변환을 이용하여 플라즈마공정 상태를 감시하는 기술이며, 이는 국내외적으로 아직 보고가 되지 않은 새로운 감시 기술이다.
- <48> 본 발명은 AFM과 DWT를 이용하여 플라즈마 상태를 감시하기 위한 플라즈마 공정 제어기술 분야에 속한다.
- <49> 진술한 바와 같이, AFM 정보는 표면거칠기의 공정변수에 따라 수반되는 물리화학적 메커니즘의 규명에 주로 이용되고 있으며, 플라즈마공정 감시를 위해 적용된 사례는 국내외적으로 보고된 바가 없다. 또는 DWT를 이용해 AFM정보를 정량화하는 기술과 DWT의 미세 수직, 수평, 그리고 대각화 정보를 이용하여 플라즈마 상태를 감시하는 기술도 국내외적으로 처음 시도하는 기술인 것이다.
- <50> 따라서, 발명의 효과는 반도체 웨이퍼의 런투런(Run-to-Run) 공정에 박막표면 특성패턴의 웨이브릿 변환을 이용한 플라즈마공정 감시방법을 적용하여 공정 감시 효과를 증대할 수 있으며, 이에 따라 장비 생산성을 증대하고, 소자 수율을 유지하는데 기여할 수 있다.
- <51> 또한, 소자제조업체에서는 플라즈마 식각공정 후 샘플웨이퍼에서 식각물만 측정하여 플라즈마 상태를 감시하고 있지만, 이와 함께 AFM 표면거칠기 패턴정보를 이용할 경우 플라즈마 상태를 보다 엄격히 감시할 수 있다는 이점이 있다.
- <52> 본 발명은 기존의 소자제조업체에 구비되어 있는 AFM 장비를 이용하여 개발할 수 있다는 점에서 매우 경제적인 감시 기술이고, 상기 AFM 장비 내에 내장할 수 있는 컴퓨터 소프트웨어 기술이며, 내장된 AFM의 부가가치를 증진할 수 있는 기술인 것이다.
- <53> 이상과 같이 구성되는 본 발명은, AFM 영상에 DWT를 적용하여 박막표면상의 기하학적 변이의 추적을 통해 플라즈마 상태를 감시하는 기술이고, 추출된 AFM 표면거칠기 윤곽선에 DWT를 적용한 후 얻어지는 각 정량적 미세 부

분 (즉 수평, 수직, 그리고 대각부분)을 구성하는 수치 패턴의 변화에 기초하여 플라즈마 감시를 위한 메트릭을 계산하는 기법인 것이다.

<54> 또한, DWT 대신에 연속적 웨이브릿 변환(Continuous wavelet transformation)을 박막표면 특성패턴의 웨이브릿 변환을 이용한 반도체 플라즈마공정 감시방법에 응용하는 기술이고, 박막표면 특성패턴의 웨이브릿 변환을 이용한 반도체 플라즈마공정 감시방법이 다른 측정 장비로 수집되는 모든 박막 표면 영상에 적용되어 공정을 감시하는 기술이며, 박막표면 특성패턴의 웨이브릿 변환을 이용한 반도체 플라즈마공정 감시방법이 모든 박막표면 측정 장비의 소프트웨어에 내장되는 기술인 것이다.

<55> 본 발명의 박막표면 특성패턴의 웨이브릿 변환을 이용한 플라즈마공정 감시방법에 대한 기술사상을 예시도면에 의거하여 설명했지만, 이는 본 발명의 가장 양호한 실시예를 예시적으로 설명한 것이지 본 발명의 특허청구범위를 한정하는 것은 아니다.

<56> 본 발명은 이 기술분야의 통상 지식을 가진 자라면 누구나 본 발명의 기술사상의 범주를 이탈하지 않는 범위 내에서 다양한 변형 및 모방이 가능함은 명백한 사실이다.

발명의 효과

<57> 이상 설명한 바와 같이 본 발명에 의하면, 반도체 웨이퍼의 런투런(Run-to-Run) 공정에 박막표면 특성패턴의 웨이브릿 변환을 이용한 플라즈마공정 감시방법을 적용하여 공정 감시 효과를 증대할 수 있으며, 이에 따라 장비 생산성을 증대하고, 소자 수율을 유지하는데 기여할 수 있다.

도면의 간단한 설명

<1> 도 1 은 본 발명의 실시예에 관한 박막표면 특성패턴의 웨이브릿 변환을 이용한 플라즈마공정 감시방법을 설명하기 위한 개략도,

<2> 도 2 는 본 발명의 박막표면 특성패턴의 웨이브릿 변환을 이용한 플라즈마공정 감시방법을 상세히 도시해놓은 흐름도,

<3> 도 3 은 본 발명의 박막표면 특성패턴의 웨이브릿 변환을 이용한 플라즈마공정 감시방법에서 이산치 웨이브릿 변환이 원자힘 마이크로스코피에 적용되는 과정도이다.

<4> * 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

<5> 1 : AFM 영상수집

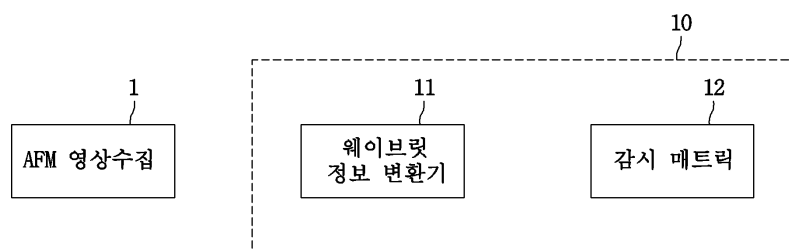
<6> 10 : 컴퓨터 알고리즘

<7> 11 : 웨이브릿 정보변환기

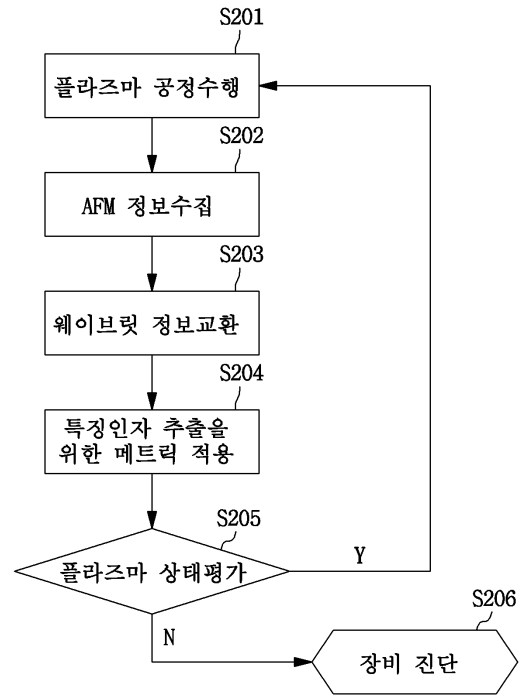
<8> 12 : 감시매트릭

도면

도면1



도면2



도면3

